

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

35.C15728



PATENT APPLICATION

2879

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Application of:

SHINICHI KAWATE ET AL.

Application No.: 09/940,642

Filed: August 29, 2001

For: ELECTRON-EMITTING
DEVICES, ELECTRON
SOURCES, AND IMAGE
FORMING APPARATUS

Examiner: NYA

Group Art Unit: 2879

December 5, 2001

Commissioner for Patents
Washington, D.C.

CLAIM TO PRIORITY

Sir:

Applicants hereby claim priority under the International Convention and all rights to which he is entitled under 35 U.S.C. § 119 based upon the following Japanese

Priority Applications:

265821/2000 filed September 1, 2000

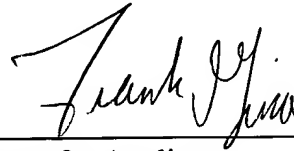
254638/2001 filed August 24, 2001.

Certified copies of the priority documents are enclosed.

Applicants' undersigned attorney may be reached in our New York office by

telephone at (212) 218-2100. All correspondence should continue to be directed to our address given below.

Respectfully submitted,



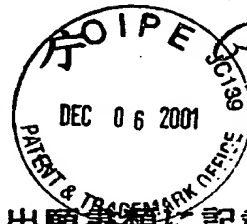
Attorney for Applicants

Registration No. 42,476

FITZPATRICK, CELLA, HARPER & SCINTO
30 Rockefeller Plaza
New York, New York 10112-3801
Facsimile: (212) 218-2200
221057v1

CFO 15728 US/shi
09/940,642
GAU 2186

日 本 国 特 許
JAPAN PATENT OFFICE



別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2000年 9月 1日

出 願 番 号

Application Number:

特願2000-265821

出 願 人

Applicant(s):

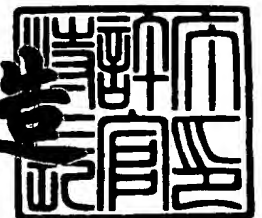
キヤノン株式会社

RECEIVED
DEC 10 2001
TECHNICAL CENTER

2001年 9月11日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

及川耕造



出証番号 出証特2001-3083569

【書類名】 特許願

【整理番号】 4283032

【提出日】 平成12年 9月 1日

【あて先】 特許庁長官 及川 耕造 殿

【国際特許分類】 H01J 1/30

【発明の名称】 電子放出素子及び電子源及び画像形成装置

【請求項の数】 15

【発明者】

 【住所又は居所】 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社
 社 内

 【氏名】 河手 信一

【発明者】

 【住所又は居所】 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社
 社 内

 【氏名】 塚本 健夫

【特許出願人】

 【識別番号】 000001007

 【氏名又は名称】 キヤノン株式会社

 【代表者】 御手洗 富士夫

【代理人】

 【識別番号】 100085006

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 世良 和信

 【電話番号】 03-5643-1611

【選任した代理人】

 【識別番号】 100100549

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 川口 嘉之

【選任した代理人】

【識別番号】 100106622

【弁理士】

【氏名又は名称】 和久田 純一

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 066073

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 電子放出素子及び電子源及び画像形成装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

絶縁性の基板の上に、間隙を挟んで対向するように形成される引出し電極及び陰極電極と、

該陰極電極上に形成される導電層と、

該導電層の前記引出し電極側側壁面上に設けられる触媒粒子と、

該触媒粒子を介して成長した繊維状カーボンと、を備えることを特徴とする電子放出素子。

【請求項 2】

前記陰極電極上に形成される導電層は、前記触媒粒子を介して前記繊維状カーボンが成長する材料からなることを特徴とする請求項 1 に記載の電子放出素子。

【請求項 3】

前記繊維状カーボンが成長する材料は、T i とその一部分が酸化した酸化物の混合物、もしくはT i の酸化物半導体、または、Z r とその一部分が酸化した酸化物の混合物、もしくはZ r の酸化物半導体、または、N b とその一部分が酸化した酸化物の混合物、もしくはN b の酸化物半導体であることを特徴とする請求項 2 に記載の電子放出素子。

【請求項 4】

前記陰極電極上に形成される導電層は、前記引出し電極側側壁面のみが露出され、他の壁面は前記繊維状カーボンが成長しない材料で覆われていることを特徴とする請求項 1，2 または 3 に記載の電子放出素子。

【請求項 5】

前記繊維状カーボンが成長しない材料には、前記導電層の上面及び前記引出し電極側側壁面以外の側壁面を覆う第 2 導電層が含まれることを特徴とする請求項 4 に記載の電子放出素子。

【請求項 6】

前記第 2 導電層は、T a, C r, A u, A g, P t 及び触媒粒子を構成する材料と同一種類の材料のうちの少なくともいずれか一つであることを特徴とする請求項 5 に記載の電子放出素子。

【請求項 7】

前記繊維状カーボンは、前記触媒粒子を用いて炭化水素ガスを熱分解成長したグラファイトナノファイバー、カーボンナノチューブ、アモルファスカーボンもしくはこれらの混合物からなることを特徴とする請求項 1 ～ 6 のいずれか一つに記載の電子放出素子。

【請求項 8】

前記触媒粒子は、P d, N i, F e, C oあるいはこれらの合金からなるからなることを特徴とする請求項 1 ～ 7 のいずれか一つに記載の電子放出素子。

【請求項 9】

前記繊維状カーボンによる電子放出位置が、前記引出し電極の表面の位置に対して、電子放出方向側であることを特徴とする請求項 1 ～ 8 のいずれか一つに記載の電子放出素子。

【請求項 1 0】

前記引出し電極及び陰極電極は、略平面状の基板上に形成されると共に、該陰極電極の厚みが、引出し電極の厚みよりも厚いことを特徴とする請求項 1 ～ 9 のいずれか一つに記載の電子放出素子。

【請求項 1 1】

前記基板は、前記陰極電極が形成される領域の厚みが、前記引出し電極が形成される領域の厚みよりも厚いことを特徴とする請求項 1 ～ 9 のいずれか一つに記載の電子放出素子。

【請求項 1 2】

前記導電層は、前記陰極電極上から、基板表面上であって前記引出し電極及び陰極電極との間隙に至る領域にまたがって形成されることを特徴とする請求項 1 ～ 9 のいずれか一つに記載の電子放出素子。

【請求項 1 3】

請求項 1 ～ 1 2 のいずれか一つに記載の電子放出素子を複数個配列したことを

特徴とする電子源。

【請求項 1 4】

前記複数の電子放出素子を、マトリクス状の配線にそれぞれ電氣的に接続したことを特徴とする請求項 1 3 に記載の電子源。

【請求項 1 5】

請求項 1 3 または 1 4 に記載の電子源に対向する位置に、放出された電子の衝突によって画像を形成する画像形成部材を設けると共に、電子放出を行う電子放出素子を制御する制御機構を備えることを特徴とする画像形成装置。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は、電子の放出を行う電子放出素子、およびこれを用いた電子源、及びこれを用いた画像形成装置に関するものである。なお、本発明の画像形成装置は、テレビジョン放送を表示する装置、テレビ会議システムやコンピューター等の表示装置の他、感光性ドラム等を用いて構成された光プリンター等の画像形成装置として用いることができるものである。

【0 0 0 2】

【従来の技術】

従来、金属に対し 10^6V/cm 以上の強電界をかけて金属表面から電子を放出させる電界放出型（F E 型）電子放出素子が冷電子源の一つとして注目されている。

【0 0 0 3】

近年、特に表示装置等の画像形成装置においては、液晶を用いた平板型表示装置が C R T に替わって普及してきたが、自発光型でないため、バックライトを持たなければならない等の問題点があり、自発光型表示装置が望まれてきた。

【0 0 0 4】

F E 型の冷電子源が実用化されれば、薄型の自発光画像表示装置が可能となり、消費電力の低減や軽量化にも貢献する。

【0 0 0 5】

縦型 F E 型の例としては、図 1 3 に示すようにエミッター 1 3 5 が基板 1 3 1 から略鉛直方向に円錐あるいは四角錐の形状をなしたものの、例えば C. A. Spindt, " Physical Properties of thin-film field emission cathodes with molybdenum cones", J. Appl. Phys., 47, 5248 (1976) 等の開示されたもの（以下スピント型）が知られている。

【 0 0 0 6 】

また、横形 F E の例としては先端が先鋭化されたエミッター電極と、エミッター電極先端から電子を引き出すゲート電極とが基板と平行に形成され、ゲート電極とエミッター電極とが対向する方向と直行した方向にコレクタ（本件ではアノードと呼ぶ）が構成されたものがある。

【 0 0 0 7 】

繊維状カーボンを用いた電子放出素子の例としては、特開平 8 - 1 1 5 6 5 2 号公報に、有機化合物ガスを用いて微細な触媒金属上で熱分解を行い、繊維状カーボンを、微細な間隙に堆積させた構成が開示されている。

【 0 0 0 8 】

従来技術に係る電子放出素子のビーム形状について図 1 3、1 4 を用いて説明する。

【 0 0 0 9 】

上述した従来技術に係るスピント型の電子放出素子を示す図 1 3 において、1 3 1 は基板、1 3 2 はエミッター電極、1 3 3 は絶縁層、1 3 4 はゲート、1 3 5 はエミッター電極 1 3 2 に接続されたエミッターである。エミッター 1 3 5 とゲート 1 3 4 間に V_f を印加すると、エミッター 1 3 5 の突起先端の電界が高まり、電子がコーン先端近傍から真空中に取り出される。

【 0 0 1 0 】

エミッター先端の電界はエミッター先端の形状に沿うように、ある有限の面積を持って形成されるため、取り出される電子はエミッター先端の有限の面積から電位に対して、鉛直方向に引き出される。

【 0 0 1 1 】

この時、様々な角度を持つ電子も放出される。その結果、大きな角度成分を持つ電子は結果的にゲート 1 3 4 に形成された孔内周面の方向に引き出される。

【0 0 1 2】

その結果、円形の孔が形成されている場合に、図中アノード 1 3 6 上に得られる電子分布は、ほぼ円形のビーム形状 1 3 7 が得られる。つまり得られるビームの形状は引き出すゲートの形状及びエミッターとの距離に密接に関係していることを示している。

【0 0 1 3】

電子の引出し方向をそろえた従来技術として図 1 4 に示すような横型 F E の構成がある。

【0 0 1 4】

図 1 4 において、1 4 1 は基板、1 4 2 はエミッター電極、1 4 3 は絶縁層、1 4 4 はゲート、1 4 5 はエミッターで、また、アノード 1 4 6 がエミッターおよびゲートが設置されている基板と対向した基板上に設けられている。

【0 0 1 5】

このように構成される横型 F E の構成の場合には、エミッター 1 4 5 から放出された電子の一部は真空中に取り出（放出）されるが、残りはゲート 1 4 4 に取り込まれる）。

【0 0 1 6】

図 1 4 に示す構成の場合には、アノード 1 4 6 の向かう電界ベクトルの方向に対して、電子放出を行う電界ベクトル（エミッター 1 4 5 からゲート 1 4 4 に向かう電界）が異なる方位を持つ。その結果、電子分布（電子ビームスポット）が大きくなる。そのため、横型 F E 型電子放出素子におけるビーム収束手段としては、特開平 0 9 - 0 6 3 4 6 1 に開示されているように、収束電極を電子放出部と同一平面上に配置した構造等が提案されているが、これらには作製方法の複雑さや、素子面積の増加、電子放出効率の低下等の問題がある。

【0 0 1 7】

【発明が解決しようとする課題】

本発明は上記の従来技術の課題を解決するためになされたもので、その目的と

するところは、素子容量および駆動電圧の低減と電子放出効率の向上を図るとともに、高精細なビームを得ることができる電子放出素子および電子源および画像形成装置を提供することにある。

【 0 0 1 8 】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するために本発明の電子放出素子にあっては、
絶縁性の基板上に、間隙を挟んで対向するように形成される引出し電極及び陰極電極と、

該陰極電極上に形成される導電層と、

該導電層の前記引出し電極側側壁面上に設けられる触媒粒子と、

該触媒粒子を介して成長した繊維状カーボンと、を備えることを特徴とする。

【 0 0 1 9 】

前記陰極電極上に形成される導電層は、前記触媒粒子を介して前記繊維状カーボンが成長する材料からなるとよい。

【 0 0 2 0 】

前記繊維状カーボンが成長する材料は、T i とその一部分が酸化した酸化物の混合物、もしくはT i の酸化物半導体、または、Z r とその一部分が酸化した酸化物の混合物、もしくはZ r の酸化物半導体、または、N b とその一部分が酸化した酸化物の混合物、もしくはN b の酸化物半導体であるとよい。

【 0 0 2 1 】

前記陰極電極上に形成される導電層は、前記引出し電極側側壁面のみが露出され、他の壁面は前記繊維状カーボンが成長しない材料で覆われているとよい。

【 0 0 2 2 】

前記繊維状カーボンが成長しない材料には、前記導電層の上面及び前記引出し電極側側壁面以外の側壁面を覆う第 2 導電層が含まれるとよい。

【 0 0 2 3 】

前記第 2 導電層は、T a , C r , A u , A g , P t 及び触媒粒子を構成する材料と同一種類の材料のうちの少なくともいずれか一つであるとよい。

【 0 0 2 4 】

前記繊維状カーボンは、前記触媒粒子を用いて炭化水素ガスを熱分解成長したグラファイトナノファイバー、カーボンナノチューブ、アモルファスカーボンもしくはこれらの混合物からなるとよい。

【 0 0 2 5 】

前記触媒粒子は、Pd, Ni, Fe, Coあるいはこれらの合金からなるとよい。

【 0 0 2 6 】

前記繊維状カーボンによる電子放出位置が、前記引出し電極の表面の位置に対して、電子放出方向側であるとよい。

【 0 0 2 7 】

前記引出し電極及び陰極電極は、略平面状の基板上に形成されると共に、該陰極電極の厚みが、引出し電極の厚みよりも厚いとよい。

【 0 0 2 8 】

前記基板は、前記陰極電極が形成される領域の厚みが、前記引出し電極が形成される領域の厚みよりも厚いとよい。

【 0 0 2 9 】

前記導電層は、前記陰極電極上から、基板表面上であって前記引出し電極及び陰極電極との間隙に至る領域にまたがって形成されるとよい。

【 0 0 3 0 】

本発明の電子源にあっては、上記の電子放出素子を複数個配列したことを特徴とする。

【 0 0 3 1 】

前記複数の電子放出素子を、マトリクス状の配線にそれぞれ電氣的に接続するとよい。

【 0 0 3 2 】

また、本発明の画像形成装置にあっては、上記の電子源に対向する位置に、放出された電子の衝突によって画像を形成する画像形成部材を設けると共に、電子放出を行う電子放出素子を制御する制御機構を備えることを特徴とする。

【 0 0 3 3 】

【発明の実施の形態】

以下に図面を参照して、この発明の好適な実施の形態を例示的に詳しく説明する。ただし、この実施の形態に記載されている構成部品の寸法、材質、形状、その相対配置などは、特に特定の記載がない限りは、この発明の範囲をそれらのみに限定する趣旨のものではない。

【0034】

繊維状カーボンの成長は、J. Mater. Res., Vol. 8, No. 12, P 3233で示されているように触媒材料と下地基板との接触角、あるいは表面エネルギーで説明されている。

【0035】

本発明者らは触媒を用いて微小（数nmオーダー）な核を形成し、熱分解により上記核から成長した繊維状カーボンと安定な電氣的接合を形成する材料について、鋭意検討した。尚、本発明における「繊維状カーボン」とは、「炭素を主成分とする柱状物質」あるいは、「炭素を主成分とする線状物質」ということもできる。また、「繊維状カーボン」とは、「炭素を主成分とするファイバー」ということもできる。そして、また、本発明における「繊維状カーボン」とは、より具体的には、カーボンナノチューブ、グラファイトナノファイバー、アモルファスカーボンファイバーを含む。

【0036】

その結果、繊維状カーボンが成長し、かつ電氣的な結合が得られる導電層材料としては、Tiとその一部分が酸化した酸化物の混合物、もしくはTiの酸化物半導体、または、Zrとその一部分が酸化した酸化物の混合物、もしくはZrの酸化物半導体、または、Nbとその一部分が酸化した酸化物の混合物、もしくはNbの酸化物半導体があることを見出した。

【0037】

また同時に、繊維状カーボンが成長しない導電層材料としては、Ta, Cr, Au, Ag, Pt及び触媒材料と同一種類の材料であること見出した。

【0038】

これらの材料での繊維状カーボンの成長は、積層構成においても成り立つ。例

えば、基板上にCrを全面に形成し、さらにCrの上にTiの微小領域を形成し、基板全面に酸化パラジウムを被覆した基板を用いると、繊維状カーボンがTiの上だけに成長した。

【0039】

次に画像表示のために、陽極に蛍光体を用いる場合について述べる。必要な縦方向電界は $10^{-1}\text{V}/\mu\text{m}$ から $10\text{V}/\mu\text{m}$ の範囲に限定される。例えば、陽極と陰極との間に10KVを2mmの間隔で印加する場合、この時の縦方向電界は $5\text{V}/\mu\text{m}$ となる。この場合、用いるべきエミッター材料の電子放出電界は $5\text{V}/\mu\text{m}$ よりも大きな電子放出電界を持つ材料であり、選択した電子放出電界に相当するように、その間隔と、駆動電圧を決めればよい。

【0040】

このように、数 $\text{V}/\mu\text{m}$ の閾値電界を持つ材料の例として、触媒を用いて炭化水素ガスを分解して出来る繊維状カーボンについて図11及び図12に示す。

【0041】

各図では、一番左側に光学顕微鏡レベル（ ~ 1000 倍）で見える形態、真中に走査電子顕微鏡（SEM）レベル（ ~ 3 万倍）で見える形態、右側に透過電子顕微鏡（TEM）レベル（ ~ 100 万倍）で見えるカーボンの形態を模式的に示している。

【0042】

図11に示すように、グラフェンが円筒形状（円筒形が多重構造になっているものはマルチウォールナノチューブと呼ばれる）の形態をとるものはカーボンナノチューブと呼ばれ、特にチューブ先端を開放させた構造の時に、最もその閾値が下がる。

【0043】

このカーボンナノチューブと同様に、触媒を用いて比較的低温で生成される繊維状カーボンが図12に示したものである。この形態の繊維状カーボンはグラフェンの積層体（このためグラファイトナノファイバーと呼ばれることがあるが、温度によりアモルファス構造の割合が増加する）で構成されている。

【0044】

カーボンナノチューブとグラファイトナノファイバーは、触媒の種類及び分解の温度によって異なり、同一の触媒で、両方の構造を持つ物を温度によって選択可能である場合もあるし、どちらかの構造しか出来ない場合もある。

【0045】

どちらの繊維状カーボンも電子放出の閾値が $1\text{ V} \sim 10\text{ V}/\mu\text{m}$ 程度であり、本発明の実施の形態に係る電子放出素子に用いるエミッター材料として好ましいものである。

【0046】

触媒材料としては、FeやCoなどをカーボンナノチューブの形成において一般的に使用されるが、PdやNiについてもカーボン形成用の核として用いることが出来る。

【0047】

特に、PdやNiにおいては、低温（ 450°C 以上の温度）でグラファイトナノファイバーを生成することが可能である。FeやCoを用いたカーボンナノチューブの生成温度は 800°C 以上必要なことから、PdやNiを用いてのグラファイトナノファイバー材料の作成の方が低温で可能なため、他の部材への影響や、製造コストの観点からも好ましい。

【0048】

さらに、Pdにおいては、酸化物が水素により低温（室温）で還元される特性を用いて、核形成材料として酸化パラジウムを用いることが可能である。

【0049】

酸化パラジウムの水素還元処理を行うと、一般的な核形成技法として従来から使用されている金属薄膜の熱凝集や、爆発の危険を伴う超微粒子の生成と蒸着を用いずとも、比較的低温（ 200°C 以下）で初期凝集核の形成が可能となった。

【0050】

前述の炭化水素ガスとしては、例えばエチレン、メタン、プロパン、プロピレンなどの炭化水素ガス、あるいはエタノールやアセトンなどの有機溶剤の蒸気を用いることもある。

【0051】

また、本願発明者らは、繊維状カーボンを用いた、高精細電子ビームの形成方法についても検討を行った。以下に、高精細ビームの形成方法について述べる。

【0052】

一般にFE素子の動作電圧 V_f はポアソン方程式によって導かれるエミッター先端部の電界とその電界とエミッター部の仕事関数をパラメーターとしてFowler-Nordheimの式と呼ばれる関係式に従う電子放出電流の電流密度によって決定される。

【0053】

また、電子放出に必要な電界は、エミッター先端とゲート電極間の距離 D が小さいほど、また、エミッター先端の半径 r が小さいほど得られる電界が大きくなる。

【0054】

一方、陽極上で得られる電子ビームにおけるX方向の最大の大きさ X_d （例えば図13における円形ビーム形状137の中心からの最大到達距離）は、単純な計算では $\sqrt{(V_f/V_a)}$ に比例する形で表される。

【0055】

この関係から明らかなように V_f の増大はビーム径の増大を招く。

【0056】

また、この考察から V_f を下げるためには、極力距離 D 及び曲率 r を小さくしなければならない。

【0057】

次に、電子が取り出される電界（ここでは便宜的に、横方向電界と呼び、エミッター形状による電界の増強効果は無視する）とアノードに向かう電界（ここでは縦方向電界と呼ぶ）について考える。

【0058】

前述したように、エミッターから放出された電子は、最初横方向電界によって引き出され、ゲート方向に向かった後に、直接あるいは何回かの散乱を経由して縦方向電界によって引き上げられアノードに到達する。

【0059】

このとき横方向電界と縦方向電界の強度比及び電子放出点の相対位置が重要となる。

【0060】

横方向電界が、縦方向電界と比較して桁で強い場合には、取り出された電子のほとんどは、横方向電界で形成される放射状電位によって次第に軌道を曲げられ、ゲートに向かう軌道をとる。ゲートに衝突した電子は、散乱によって再び放出されるが、放出後、縦方向電界に捉えられるまでは、何度も楕円に似た軌道を描いてゲート上を広がりながら、自ら電子の数を減じながら散乱を繰り返す。

【0061】

散乱した電子が、ゲート電位の作る等電位線を越えると（これを淀み点と呼ぶことがある）、ここで初めて縦方向電界によって引き上げられるようになる。

【0062】

横方向電界と縦方向電界が同程度の場合には、取り出された電子は、やはり放射状電位によって軌道が曲げられるものの、電界による束縛がゆるくなり、ゲートに衝突することなしに縦方向電界に捉えられる電子軌道が出現する。

【0063】

この横方向電界と縦方向電界が同程度の時、エミッターからの電子の放出点位置を、次第にゲートの属する平面からアノードの属する平面側に持ち上げる（図6参照）と、放出された電子は全くゲートに衝突せずに、縦方向電界に捉えられる軌道を描くことが可能であることが分かった。

【0064】

また、この電界比の検討を行った結果、前記間隙の距離（ゲート電極とエミッタ電極の先端との間隔）を d 、素子を駆動したときの電位差（ゲート電極とエミッタ電極との電位差）を V_1 、陽極（アノード）と基板の距離を H 、陽極（アノード）と陰極（エミッタ電極）の電位差を V_2 とした時、横方向電界が縦方向電界の約50倍程度以上大きくなると、取り出された電子がゲートに衝突する軌道が描かれることが判明した。

【0065】

また、散乱を生じない高さ s （ゲートの最上部からエミッター最下部までの距

離で定義される)は、縦一横方向電界の比に依存し、縦一横方向電界比(縦方向電界強度/横方向電界強度)が低いほど、その高さが低く、横方向電界が大きいほど高さが必要である。

【0066】

実用的な製造上の範囲として、その高さ s は 10 nm 以上 $10\text{ }\mu\text{ m}$ 以下である。

【0067】

従来の構成では、ゲートとエミッターが同一平面上に、ほぼ同じ高さで構成されているだけでなく、横方向電界が縦方向電界と比較して一桁以上強いため、ゲートに衝突することに起因して真空中に取り出される電子の量が減少する傾向が強かった。

【0068】

さらに、従来の構成では横方向の電界強度を強めることを目的として、ゲート電極の厚さ、幅、及びゲート、エミッター、アノードの相対位置が決められていたため、アノードに得られる電子分布は広がっていた。

【0069】

前述したように、アノードに到達する電子の分布(スポット径)を小さくするには、1) V_f を下げる、2) 電子の引出し方向を揃える、3) 電子の軌道を考慮すること、さらに、ゲートでの散乱がある場合には、4) 電子の散乱機構(特に弾性散乱)を考慮することが必要である。

【0070】

このようなことから、本発明の構成は電子分布の微細化と効率の向上を目的として、前述の考え方を元に鋭意検討されたものである。

【0071】

以上述べた本発明の実施の形態に係る電子放出素子について、図面を参照して更に詳しく説明する。図1は本発明の実施の形態に係る電子放出素子の模式図であり、(A)はその平面図であり、(B)は(A)中AA断面図である。

【0072】

図1において、1は絶縁性の基板、2は引出し電極(「ゲート電極」あるいは

「第 2 電極」）、3 は陰極電極（第 1 電極）、4 はエミッター材料である繊維状カーボン、5 は導電層であり、6 は第 2 導電層である。

【 0 0 7 3 】

ここで、導電層 5 は、繊維状カーボン 4 が成長する材料で構成されており、一方、第 2 導電層 6 は、繊維状カーボン 4 が成長しない材料で構成されている。

【 0 0 7 4 】

絶縁性の基板 1 としては、その表面を十分に洗浄した、石英ガラス、Na 等の不純物含有量を減少させて K などに一部置換したガラス、青板ガラス及びシリコン基板等にスパッタ法等により SiO_2 を積層した積層体、アルミナ等のセラミックスの絶縁性基板等を用いることができる。

【 0 0 7 5 】

引出し電極 2 および陰極電極 3 は導電性を有しており、蒸着法やスパッタ法等の一般的真空成膜技術、あるいはフォトリソグラフィ技術により形成される。

【 0 0 7 6 】

引出し電極 2 および陰極電極 3 の材料としては、例えば、炭素、金属、金属の窒化物、金属の炭化物、金属のホウ化物、半導体、半導体の金属化合物から適宜選択される。

【 0 0 7 7 】

また、引出し電極 2 および陰極電極 3 の厚さとしては、数十 nm から数十 μm の範囲で設定される。好ましくは炭素、金属、金属の窒化物、金属の炭化物の耐熱性材料が望ましい。

【 0 0 7 8 】

なお、この電極の厚さが薄いために電位降下などが心配される時、あるいはマトリクス配列でこの素子を用いる場合には、必要に応じて低抵抗の配線用金属材料が電子放出に関与しない部分で用いられることがある。

【 0 0 7 9 】

引出し電極 2 と陰極電極 3 の間隔（間隙の幅）は、前述したとおり、用いる陰極材料の電子放出電界（横方向電界）と画像形成に必要な縦方向電界との電界を比較した時に、電子放出電界が縦方向電界よりも 1 倍から 50 倍程度の値になる

ように、駆動電圧と間隔を決めればよい。

【0080】

繊維状カーボン4は、触媒を用いて微小な核を形成し、熱分解により核から成長した繊維状カーボン、特にカーボンナノチューブ、グラファイトナノファイバーなどが良い。

【0081】

繊維状カーボン4が成長する導電層5の材料としては、上述したように、Tiとその一部分が酸化した酸化物の混合物、もしくはTiの酸化物半導体、または、Zrとその一部分が酸化した酸化物の混合物、もしくはZrの酸化物半導体、または、Nbとその一部分が酸化した酸化物の混合物、もしくはNbの酸化物半導体を用いることができる。

【0082】

これらTi、Zr、Nbの化学量論的な酸化物は絶縁体であるが、弱い酸化、あるいは低級の酸化物は、内部に多くの欠陥を保有し、酸素欠損型等の半導体を形成する。

【0083】

Ti、Zr、Nb材料の上にPdを300℃程度の温度で数十分程度焼成して酸化パラジウムを形成すると、これらのTi、Zr、Nbも酸化する。しかし、この程度の焼成温度と時間では、最初に堆積した導電層材料の厚さにもよるが、導電層材料全体が酸化せず、表面だけが酸化し、かつ前述したように半導体的な性質もあることから、結果、形成した導電層5には導電性が確保された。

【0084】

触媒微粒子を介して繊維状カーボンが成長しない第2導電層6は、触媒微粒子を介して繊維状カーボンが成長する導電層5の引出し電極2側の側面を除いた領域を覆う構成とする。

【0085】

その結果、繊維状カーボンが成長する導電層5においては、引出し電極2側の側壁のみが露呈するので、後の繊維状カーボン成長工程で引出し電極2側の側壁のみに触媒微粒子を介して繊維状カーボン4が成長する。

【 0 0 8 6 】

仮に、触媒微粒子を介して繊維状カーボンが成長しない導電層 6 が無い場合には、触媒微粒子を介して繊維状カーボンが成長する導電層 5 の全面に繊維状カーボンが成長する。この場合に、ゲートに近接しない繊維状カーボンは、僅かではあるが電子の放出に関与し、ビーム形状や均一性を乱す場合がある。

【 0 0 8 7 】

これに対して、本実施の形態に係る電子放出素子においては、引出し電極 2 側の側壁以外の側壁には繊維状カーボンは存在しないため、ビーム形状や均一性の乱れを防止できることが可能となった。

【 0 0 8 8 】

次に、エミッター領域における電子放出点位置とその動作について図 6 及び図 7 を用いて説明する。

【 0 0 8 9 】

数 μm のギャップ（間隙）の長さを持つ本素子を、図 6 に示すような真空装置 6 0 に設置し、真空排気装置 6 5 によって 10^{-4}Pa 程度に到達するまで十分に排気した。そして、高電圧電源を用いて、基板から数ミリの高さ H の位置に陽極（以下、アノードと称する）6 1 を設け、数キロボルトからなる高電圧 V_a を印加した。

【 0 0 9 0 】

なお、アノード 6 1 には導電性フィルムを被覆した蛍光体 6 2 が設置されている。

【 0 0 9 1 】

素子に印加する駆動電圧 V_f として、数十 V 程度からなるパルス電圧を印加して、流れる素子電流 I_f と電子放出電流 I_e を計測した。

【 0 0 9 2 】

この時、等電位線 6 3 は図のように形成され、最も電界の集中する部分は、電子放出材料である繊維状カーボン 4 の最もアノード 6 1 側であって、かつギャップ（間隙）の内側の点 6 4 で示す部分である。

【 0 0 9 3 】

この電界集中点64の近傍に位置する電子放出材料の中で最も電界集中する場所から電子が放出され则认为られる。

【0094】

素子のI_e特性は図7に示すような特性であった。すなわち印加電圧の約半分からI_eが急激に立ち上がり、不図示のI_fはI_eの特性に類似していたが、その値はI_eと比較して十分に小さな値であった。

【0095】

以下、この原理に基づき、本発明の実施の形態に係る電子放出素子を複数配して得られる電子源及び画像形成装置について、図8～図10を用いて説明する。図8は本発明の実施の形態に係る電子源の模式的平面図であり、図9は本発明の実施の形態に係る画像形成装置の一部破断斜視図であり、図10は本発明の実施の形態に係る画像形成装置のブロック図である。

【0096】

図8において、81は電子源基体、82はX方向配線、83はY方向配線である。また、84は本発明の実施の形態に係る電子放出素子、85は結線である。

【0097】

ここで、電子放出素子84を複数配置したことに伴う素子の容量が増大すると、図8に示すマトリクス配線においては、パルス幅変調に伴う短いパルスを加えても容量成分により波形がなまり、期待した階調が取れないなどの問題が生じる。

【0098】

これを解消するためには、電子放出部のすぐ脇に、例えば、図9に示すように層間絶縁層（リアプレート91）を配して、電子放出部以外での容量成分の増加を低減する構造を採用すると良い。

【0099】

図8において、m本のX方向配線82はDX₁、DX₂、・・・DX_mからなり、蒸着法にて形成された厚さ約1μm、幅300μmのアルミニウム系配線材料で構成されている。ただし、配線の材料、膜厚、巾は、適宜設計される。

【0100】

一方、Y方向配線83は厚さ $0.5\mu\text{m}$ 、幅 $100\mu\text{m}$ の、 DY_1 、 DY_2 ・・
・ DY_n のn本の配線よりなり、X方向配線82と同様に形成される。

【0101】

これらm本のX方向配線82とn本のY方向配線83との間には、不図示の層間絶縁層が設けられており、両者を電氣的に分離している（m、nは、共に正の整数である）。

【0102】

不図示の層間絶縁層は、スパッタ法等を用いて厚さ約 $0.8\mu\text{m}$ の SiO_2 で構成される。

【0103】

X方向配線82を形成した基体81の全面或は一部に所望の形状で形成され、特に、X方向配線82とY方向配線83の交差部の電位差に耐え得るように、本実施の形態では1素子当たりの素使容量が 1pF 以下、素子耐圧 30V になるように層間絶縁層の厚さを決めた。なお、X方向配線82とY方向配線83は、それぞれ外部端子として引き出されている。

【0104】

本発明の実施の形態に係る電子放出素子84を構成する一对の電極（不図示）は、m本のX方向配線82とn本のY方向配線83と導電性金属等からなる結線85によって電氣的に接続されている。

【0105】

X方向配線82には、X方向に配列した本発明の実施の形態に係る電子放出素子84の行を選択するための走査信号を印加する不図示の走査信号印加手段が接続される。

【0106】

一方、Y方向配線83には、Y方向に配列した本発明の実施の形態に係る電子放出素子84の各列を、入力信号に応じて変調するための不図示の変調信号発生手段が接続される。

【0107】

各電子放出素子に印加される駆動電圧は、当該素子に印加される走査信号と変

調信号の差電圧として供給される。本発明の実施の形態においては、Y方向配線は高電位、X方向配線は低電位になるように接続した。このように接続することで、本発明の実施の形態の特徴となるビームの収束効果が得られた。

【 0 1 0 8 】

上記構成においては、単純なマトリクス配線を用いて個別の素子を選択し、独立に駆動可能とすることができる。

【 0 1 0 9 】

このような単純マトリクス配置の電子源を用いて構成した画像形成装置について、図9を用いて説明する。図9は、ガラス基板材料としてソーダライムガラスを用いた画像形成装置の表示パネルを示している。

【 0 1 1 0 】

図9において、81は電子放出素子を複数配した電子源基体、91は電子源基体81を固定したリアプレート、96はガラス基体93の内面に蛍光膜94とメタルバック95等が形成されたフェースプレートである。また、92は支持枠であり、この支持枠92には、リアプレート91、フェースプレート96がフリットガラス等を用いて接続されている。97は外囲器であり、真空中で、450度の温度範囲で10分焼成することで、封着して構成される。

【 0 1 1 1 】

84は電子放出部であり、82、83は、本発明の実施の形態に係る電子放出素子の一对の素子電極と接続された、それぞれX方向配線及びY方向配線である。

【 0 1 1 2 】

外囲器97は、上述の如く、フェースプレート96と支持枠92とリアプレート91とで構成される。また、フェースプレート96とリアプレート91と間に、スペーサーとよばれる不図示の支持体を設置することにより、大気圧に対して十分な強度をもつ外囲器97を構成できる。

【 0 1 1 3 】

メタルバック95は、蛍光膜作製後、蛍光膜の内面側表面の平滑化处理（通常、「フィルミング」と呼ばれる。）を行い、その後A1を、真空蒸着等を用いて

堆積させることで作ることができる。

【0114】

フェースプレート96には、更に蛍光膜94の導電性を高めるため、蛍光膜94の外面側に透明電極（不図示）を設けた。

【0115】

前述の封着を行う際には、カラーの場合は各色蛍光体と電子放出素子とを対応させる必要があり、十分な位置合わせが不可欠となる。

【0116】

次に、図10に示す走査回路102について説明する。同回路は、内部にM個のスイッチング素子を備えたもので（図中、S1ないしSmで模式的に示している）ある。各スイッチング素子は、直流電圧源Vxの出力電圧もしくは0[V]（グラウンドレベル）のいずれか一方を選択し、表示パネル101の端子Dx1ないしDxmと電氣的に接続される。

【0117】

S1乃至Smの各スイッチング素子は、制御回路103が出力する制御信号Tscanに基づいて動作するものであり、例えばFETのようなスイッチング素子を組み合わせることにより構成することができる。

【0118】

直流電圧源Vxは、本例の場合には本発明の実施の形態に係る電子放出素子の特性（電子放出しきい値電圧）に基づき、走査されていない素子に印加される駆動電圧が電子放出しきい値電圧以下となるような一定電圧を出力するよう設定されている。

【0119】

制御回路103は、外部より入力する画像信号に基づいて適切な表示が行われるように各部の動作を整合させる機能を有する。制御回路103は、同期信号分離回路106より送られる同期信号Tsyncに基づいて、各部に対してTscanおよびTsftおよびTmryの各制御信号を発生する。

【0120】

同期信号分離回路106は、外部から入力されるNTSC方式のテレビ信号か

ら同期信号成分と輝度信号成分とを分離する為の回路で、一般的な周波数分離（フィルター）回路等を用いて構成できる。

【0121】

同期信号分離回路106により分離された同期信号は、垂直同期信号と水平同期信号より成るが、ここでは説明の便宜上Tsync信号として図示した。前記テレビ信号から分離された画像の輝度信号成分は便宜上DATA信号と表した。このDATA信号はシフトレジスタ104に入力される。

【0122】

シフトレジスタ104は、時系列的にシリアルに入力されるDATA信号を、画像の1ライン毎にシリアル／パラレル変換するためのもので、制御回路103より送られる制御信号Tsftに基づいて動作する。即ち、制御信号Tsftは、シフトレジスタ104のシフトクロックであるということもできる。

【0123】

シリアル／パラレル変換された画像1ライン分（電子放出素子N素子分の駆動データに相当）のデータは、Id1乃至IdnのN個の並列信号としてシフトレジスタ104より出力される。

【0124】

ラインメモリ105は、画像1ライン分のデータを必要時間の間だけ記憶する為の記憶装置であり、制御回路103より送られる制御信号Tmryに従って適宜Id1乃至Idnの内容を記憶する。記憶された内容は、I'd1乃至I'dnとして出力され、変調信号発生器107に入力される。

【0125】

変調信号発生器107は、画像データI'd1乃至I'dnの各々に応じて本実施の形態に係る電子放出素子の各々を適切に駆動変調する為の信号源であり、その出力信号は、端子Doy1乃至Doynを通じて表示パネル101内の本実施の形態に係る電子放出素子に印加される。

【0126】

前述したように、本発明の実施の形態に係る電子放出素子は放出電流Ieに対して以下の基本特性を有している。

【 0 1 2 7 】

即ち、電子放出には明確なしきい値電圧 V_{th} があり、 V_{th} 以上の電圧を印加された時のみ電子放出が生じる。

【 0 1 2 8 】

電子放出しきい値以上の電圧に対しては、素子への印加電圧の変化に応じて放出電流も変化する。このことから、本素子にパルス状の電圧を印加する場合、例えば電子放出閾値以下の電圧を印加しても電子放出は生じないが、電子放出閾値以上の電圧を印加する場合には電子ビームが出力される。

【 0 1 2 9 】

その際、パルスの波高値 V_m を変化させる事により出力電子ビームの強度を制御することが可能である。また、パルスの幅 P_w を変化させることにより出力される電子ビームの電荷の総量を制御する事が可能である。

【 0 1 3 0 】

従って、入力信号に応じて、電子放出素子を変調する方式としては、電圧変調方式、パルス幅変調方式等が採用できる。電圧変調方式を実施するに際しては、変調信号発生器 1 0 7 として、一定長さの電圧パルスを発生し、入力されるデータに応じて適宜パルスの波高値を変調するような電圧変調方式の回路を用いることができる。

【 0 1 3 1 】

パルス幅変調方式を実施するに際しては、変調信号発生器 1 0 7 として、一定の波高値の電圧パルスを発生し、入力されるデータに応じて適宜電圧パルスの幅を変調するようなパルス幅変調方式の回路を用いることができる。

【 0 1 3 2 】

シフトレジスタ 1 0 4 やラインメモリ 1 0 5 は、デジタル信号式を用いた。

【 0 1 3 3 】

変調信号発生器 1 0 7 には、例えば D / A 変換回路を用い、必要に応じて増幅回路などを付加する。パルス幅変調方式の場合、変調信号発生器 1 0 7 には、例えば高速の発振器および発振器の出力する波数を計数する計数器（カウンタ）及び計数器の出力値と前記メモリの出力値を比較する比較器（コンパレータ）を組

み合せた回路を用いた。

【 0 1 3 4 】

ここで述べた画像形成装置の構成は、本発明を適用可能な画像形成装置の一例であり、本発明の技術思想に基づいて種々の変形が可能である。入力信号については、NTSC方式を挙げたが入力信号はこれに限られるものではなく、PAL、SECAM方式など他、これよりも、多数の走査線からなるTV信号（例えば、MUSE方式をはじめとする高品位TV）方式をも採用できる。

【 0 1 3 5 】

【実施例】

次に、上記実施の形態に基づくより具体的な実施例を詳細に説明する。

【 0 1 3 6 】

（実施例 1）

本実施例では、基本的な構成は、上述した実施の形態の中で説明した図 1 に示す構成を備えたものである。

【 0 1 3 7 】

以下に、図 5 を用いて本実施例に係わる電子放出素子の製造工程を詳細に説明する。

【 0 1 3 8 】

（工程 1）

基板 1 に石英基板を用い、十分洗浄を行った後、引出し電極 2 及び陰極電極 3 を形成するために、はじめに、基板全体にスパッタ法により、不図示の厚さ 5 nm の Ti 及び厚さ 500 nm の Pt の蒸着を連続的に行った。

【 0 1 3 9 】

次に、フォトリソグラフィー工程で、不図示のポジ型フォトレジスト（AZ 1500/クラリアント社製）を用いてレジストパターンを形成した。

【 0 1 4 0 】

次に、パターニングした前記フォトレジストをマスクとして、Pt 層と Ti 層に対して、Ar ガスを用いてドライエッチングを行い、電極ギャップ間（間隙の幅）が 5 μ m からなる引出し電極 2、および陰極電極 3 をパターニングした（図

5 (A) に示す状態)。

【0 1 4 1】

以下、フォトリソグラフィ工程、成膜、リフトオフ、エッチング等による薄膜やレジストのパターニングを単にパターンニングと称する。

【0 1 4 2】

(工程 2)

次に、基板全体に不図示の Cr を電子ビーム蒸着にて約 1 0 0 n m の厚さに堆積し、その上にポジ型フォトレジスト (A Z 1 5 0 0 / クラリアント社製) をパターンニングした。

【0 1 4 3】

次に、パターンニングした前記フォトレジストをマスクとし、触媒微粒子を介して繊維状カーボンが成長する導電層を被覆すべき領域 (1 0 0 μ m \times 8 0 μ m) を陰極電極 3 上に形成し、開口部の Cr を硝酸セリウム系のエッチング液で取り除いた。

【0 1 4 4】

次に、スパッタ法にて触媒微粒子を介して繊維状カーボンが成長する Ti を厚さ 5 0 n m の厚さとなるように蒸着を行った。

【0 1 4 5】

次に、不要な Ti とレジストを同時に剥離して (リフトオフ法)、Ti 導電層 5 を形成した (図 5 (B) に示す状態)。

【0 1 4 6】

(工程 3)

工程 2 と同様なパターンニングにより、Ti 導電層 5 を、Ti 導電層 5 の引出し電極側の側壁のみが露出するように、触媒微粒子を介して繊維状カーボンが成長しない Ta 導電層 6 (1 4 0 μ m \times 1 0 0 μ m) で覆った (図 5 (C) に示す状態)。

【0 1 4 7】

(工程 4)

続いて、不図示の Cr 約 1 0 0 n m を、Pt / Ti 層 (陰極電極 3 に相当) ,

T i 導電層 5 及び T a 導電層 6 の引出し電極側の側壁のみが露出するようにパターンニングした。

【 0 1 4 8 】

そして、P d 錯体にイソプロピルアルコール等を加えた錯体溶液を、スピニングにて基板全体に塗布した。

【 0 1 4 9 】

塗布後、大気中 3 0 0 °C で熱処理を行い、酸化パラジウムを全面に約 1 0 n m の厚さに形成した後、C r を硝酸セリウム系のエッチング液にて取り除くことにより、不要な酸化パラジウムをリフトオフして、パターンニングされた酸化パラジウムを形成した。

【 0 1 5 0 】

大気を排気後、基板を 2 0 0 °C に加熱し、窒素で希釈した 2 % 水素気流中で熱処理を行った。この段階で素子表面には粒子の直径が約 3 ~ 1 0 n m の触媒微粒子 5 2 が壁面に形成された。この時の粒子の密度は約 $1 0^{11} \sim 1 0^{12}$ 個 / cm^2 と見積もられた (図 5 (D) に示す状態)。

【 0 1 5 1 】

(工程 5)

続いて、窒素希釈した 0 . 1 % エチレン気流中で、5 0 0 °C , 1 0 分間加熱処理をした。これを走査電子顕微鏡で観察すると、壁面の触媒微粒子のうち触媒微粒子を介して繊維状カーボンが成長する T i 導電層 5 の壁面のみに、直径 1 0 n m ~ 2 5 n m 程度で、屈曲しながら繊維状に伸びた多数の繊維状カーボン 4 が形成されているのがわかった。

【 0 1 5 2 】

このとき繊維状カーボン 4 の厚さは約 5 0 0 n m となっていた。触媒微粒子を介して繊維状カーボンが成長しない P t 層 (陰極電極 3) 及び T a 導電層 6 の壁面には、繊維状カーボン 4 は認められなかった (図 5 (E) に示す状態)。

【 0 1 5 3 】

以上のようにして作製した電子放出素子を図 6 に示すような真空装置 6 0 に設置し、真空排気装置 6 5 によって $2 \times 1 0^{-5}$ P a に到達するまで十分に排気した

【0154】

そして、図6に示したように、素子から $H = 2\text{ mm}$ 離れた陽極（アノード）61に、陽極（アノード）電圧として $V_a = 10\text{ KV}$ を印加した。このとき素子には駆動電圧 $V_f = 20\text{ V}$ からなるパルス電圧を印加して、流れる素子電流 I_f と電子放出電流 I_e を計測した。

【0155】

素子の I_f 及び I_e 特性は、図7に示すような特性であった。すなわち印加電圧の約半分から I_e が急激に増加し、 V_f が 15 V では約 $1\text{ }\mu\text{ A}$ の電子放出電流 I_e が測定された。一方 I_f は I_e の特性に類似していたが、その値は I_e と比較して一桁以上小さな値であった。

【0156】

得られたビームは、Y方向に細長くX方向に短い、略矩形形状であった。

【0157】

V_f を 15 V に固定し、アノード間距離を $H = 2\text{ mm}$ に固定して、アノード電圧を 5 KV 、 10 KV 、ギャップ（間隙の幅）を $1\text{ }\mu\text{ m}$ 、 $5\text{ }\mu\text{ m}$ にした時のビーム幅を測定したところ表1のようになった。

【0158】

【表1】

	$V_a = 5\text{ KV}$	10 KV
ギャップ (間隙) $1\text{ }\mu\text{ m}$	X 方向 $60\text{ }\mu\text{ m}$ Y 方向 $170\text{ }\mu\text{ m}$	X 方向 $30\text{ }\mu\text{ m}$ Y 方向 $150\text{ }\mu\text{ m}$
$5\text{ }\mu\text{ m}$	X 方向 $93\text{ }\mu\text{ m}$ Y 方向 $170\text{ }\mu\text{ m}$	X 方向 $72\text{ }\mu\text{ m}$ Y 方向 $150\text{ }\mu\text{ m}$

駆動に必要な電界は成長条件を変えることで変化させることが可能であった。特に酸化パラジウムを還元処理して出来るPdの平均粒径が、その後の成長で出来る繊維の直径と関連している。

【0159】

Pdの平均直径は塗布するPd錯体のPd濃度とスピニングの回転数で制御することが可能であった。

【0160】

この素子のカーボン繊維を透過電顕で観察したところ、グラフェンが図12の右に示すように積層された構造であった。グラフェンの積層間隔（C軸方向）は温度が低い500℃程度では不鮮明であり、その間隔が0.4nmであったが、温度が高くなればなるほど、格子間隔が鮮明となり、700℃では0.34nmとなりグラファイト0.335nmに近い値となった。

【0161】

以上のように、本実施例に係わる電子放出素子の構成をとることにより、容量及び駆動電圧が低減され、効率が高く、ビーム径の小さい特性をもつ電子放出素子が実現できた。

【0162】

（実施例2）

図2を参照して実施例2に係わる電子放出素子について説明する。図2は本発明の実施例2に係る電子放出素子の模式図であり、（A）はその平面図であり、（B）は（A）中AA断面図である。

【0163】

本実施例では実施例1における引出し電極2の厚さを200nmに形成した以外の構成等は実施例1と同様にして電子放出素子の作製を行い、If、Ieの計測を行った。

【0164】

本素子構成により、引出し電極2の厚さよりも陰極電極3の厚さを厚くすることによって、電子放出位置を引出し電極2から見て、確実に高い位置（アノード側）にすることが出来た。

【0165】

この構成によって、ゲートに衝突する軌道を描く電子数が減少し、効率の低下や、ビーム径の増大を招く現象を防ぐことが出来た。

【0166】

この結果、本素子構成においても、 V_f が 20 V では約 $1 \mu A$ の電子放出電流 I_e が測定された。一方 I_f は I_e の特性に類似していたが、その値は I_e と比較して二桁小さな値であった。この時のビーム径もほぼ表 1 と同じであった。

【0167】

以上のように、本実施例に係わる電子放出素子の構成をとることにより、容量及び駆動電圧が低減され、効率が高く、ビーム径の小さい特性をもつ電子放出素子が実現できた。

【0168】

(実施例 3)

図 3 を参照して実施例 3 に係わる電子放出素子について説明する。図 3 は本発明の実施例 3 に係る電子放出素子の模式図であり、(A) はその平面図であり、(B) は (A) 中 AA 断面図である。

【0169】

本実施例では実施例 1 における工程 2 において、導電層 5 を陰極電極 3 の表面上から基板表面上であって、ギャップ (間隙) にまたがって、ギャップのほぼ中間位置まで形成して、ギャップ間距離を約半分に形成した構成となっている。

【0170】

本素子では実施例 1 と比較してギャップ間距離が小さい分、電界が約 2 倍程度強い。このため駆動の電圧は 8 V 程度まで低下させることが可能となった。また導電層 5 を繊維状カーボン 4 の電氣的接続層として用いたことによりギャップ内の繊維状カーボン 4 から安定に電子放出させることが可能となった。

【0171】

以上のように、本実施例に係わる電子放出素子の構成をとることにより、容量及び駆動電圧が低減され、効率が高く、ビーム径の小さい特性をもつ電子放出素子が実現できた。

【0172】

(実施例 4)

図 4 を参照して実施例 4 に係わる電子放出素子について説明する。図 4 は本発明の実施例 4 に係る電子放出素子の模式図であり、(A) はその平面図であり、

(B) は (A) 中 A A 断面図である。

【 0 1 7 3 】

本実施例では上記実施例 1 で述べた工程 1 と工程 2 が以下に示すように異なっており、他の工程は同一である。

【 0 1 7 4 】

(工程 1)

基板 1 に石英基板を用い、十分洗浄を行った後、陰極 (エミッター) 電極 3 として、スパッタ法により厚さ 5 n m の T i 及び厚さ 5 0 0 n m の P t と、繊維状カーボンが成長可能な導電層 5 として厚さ 1 0 0 n m の T i の蒸着を連続的行った。

【 0 1 7 5 】

次に、フォトリソグラフィ工程で、ポジ型フォトレジスト (A Z 1 5 0 0 / クラリアント社製) を用いてレジストパターンを形成した。

【 0 1 7 6 】

次に、パターニングした前記フォトレジストをマスクとして T i 導電層 5 を、C F ₄ を用いてドライエッチングを行い、続いて、P t , T i 層を A r にてドライエッチングを行って、陰極電極 3 を形成した。

【 0 1 7 7 】

次に、陰極電極 3 をマスクとして用い、フッ酸とフッ化アンモニウムからなる混酸を用いて、約 5 0 0 n m の深さ、石英基板をエッチングした。

【 0 1 7 8 】

続いて、引出し電極 2 として再びスパッタ法により厚さ 5 n m の T i 及び厚さ 3 0 n m の P t の蒸着を連続的行った。陰極電極 3 のフォトレジストを剥離後、再びポジ型フォトレジスト (A Z 1 5 0 0 / クラリアント社製) を用いてゲート電極形状を形成するためのレジストパターンを形成した。

【 0 1 7 9 】

次に、パターニングした前記フォトレジストをマスクとして P t 層、T i 層を A r を用いてドライエッチングを行い、段局間に形成された段差がギャップとして作用するように引出し電極 2 を形成した。

【0180】

そして、レジストパターンを陰極上に形成して、直進性の良い抵抗加熱蒸着でNi微粒子の形成を、約5nmの厚さに形成し、その後酸化処理を350℃で30分行った。この工程以降は、実施例1と同じ工程とした。

【0181】

本素子構成により、より微細なギャップを作ることが可能となり、約6V程度から電子放出させることが出来るようになった。

【0182】

また、電子放出材料の高さ（膜厚）が厚いことに起因して、膜の上部からだけでなく中間位置から電子が出ることで、ゲート電極に電子が衝突することによる効率の低下や、ビーム径の増大を防ぐことが出来た。

【0183】

（実施例5）

上記実施例に係わる電子放出素子を複数配して得られる画像形成装置について説明する。

【0184】

実施例1の電子放出素子を図8に示すようにMAX状に配置し、電子源基体を完成させた。

【0185】

この電子源基体を用いて、電子放出素子上部には2mmの距離を隔てて陽極（アノード）上に蛍光体をアライメントして配置し、図9に示す画像形成装置を作製した。

【0186】

$V_f = 20V$ からなるパルス電圧、 $V_a = 10kV$ で駆動したところ、画像形成装置においても実施例1と同様の特性が得られた。

【0187】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明は、繊維状カーボンを、導電層の引出し電極側側壁面上のみに成長するようにしたので、導電層の他の面からの電子放出を低減す

ることができ、電子放出効率の向上を図り、かつ、放出する電子軌道の収束性の向上を図ることができた。

【 0 1 8 8 】

また、このように電子放出効率及び電子軌道の収束性に優れた電子放出素子を電子源に適用することで、高品位な電子源を実現でき、また、画像形成装置にそのような電子源を適用することで、より高精細な画像形成を実現できる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の実施の形態及び実施例 1 に係る電子放出素子の模式図である。

【図 2】

本発明の実施例 2 に係る電子放出素子の模式図である。

【図 3】

本発明の実施例 3 に係る電子放出素子の模式図である。

【図 4】

本発明の実施例 4 に係る電子放出素子の模式図である。

【図 5】

本発明の実施例 1 に係わる電子放出素子の製造工程図である。

【図 6】

電子放出素子の動作説明図である。

【図 7】

電子放出素子の基本的な動作特性図である。

【図 8】

本発明の実施の形態に係る電子源の模式的平面図である。

【図 9】

本発明の実施の形態に係る画像形成装置の一部破断斜視図である。

【図 1 0】

本発明の実施の形態に係る画像形成装置のブロック図である。

【図 1 1】

繊維状カーボン（カーボンナノチューブ）の概略構成図である。

【図 1 2】

繊維状カーボン（グラファイトナノファイバー）の概略構成図である。

【図 1 3】

従来技術に係る縦型 F E の概略構成図である。

【図 1 4】

従来技術に係る横型 F E の概略構成図である。

【符号の説明】

- 1 基板
- 2 引出し電極
- 3 陰極電極
- 4 繊維状カーボン
- 5 導電層
- 6 第 2 導電層
- 5 2 触媒微粒子
- 6 0 真空装置
- 6 1 アノード
- 6 2 蛍光体
- 6 3 等電位線
- 6 5 真空排気装置
- 8 1 基体
- 8 2 X 方向配線
- 8 3 Y 方向配線
- 8 4 電子放出素子
- 8 5 結線
- 9 1 リアプレート
- 9 2 支持枠
- 9 3 ガラス基体
- 9 4 蛍光膜
- 9 5 メタルバック

9 6 フェースプレート

9 7 外囲器

1 0 1 表示パネル

1 0 2 走査回路

1 0 3 制御回路

1 0 4 シフトレジスタ

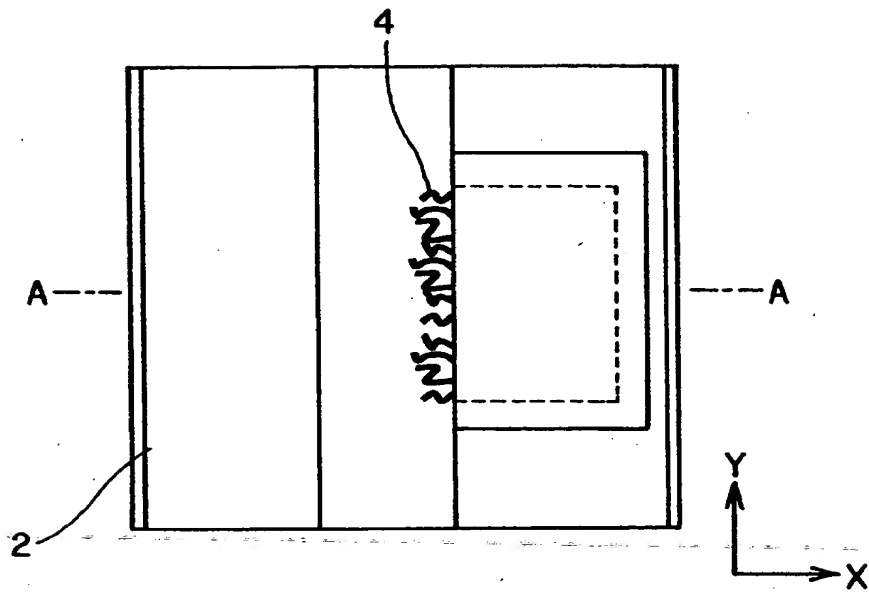
1 0 5 ラインメモリ

1 0 6 同期信号分離回路

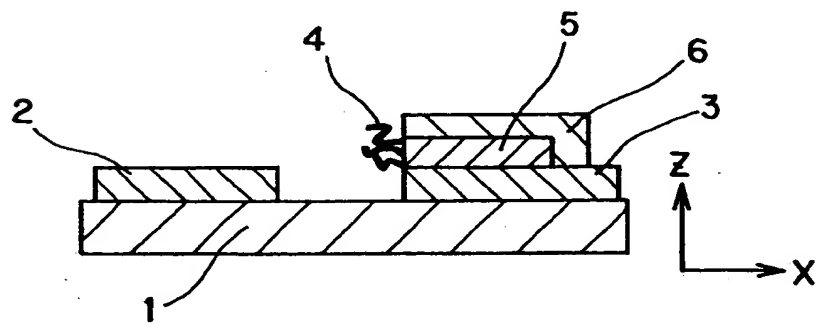
1 0 7 変調信号発生器

【書類名】 図面

【図 1】

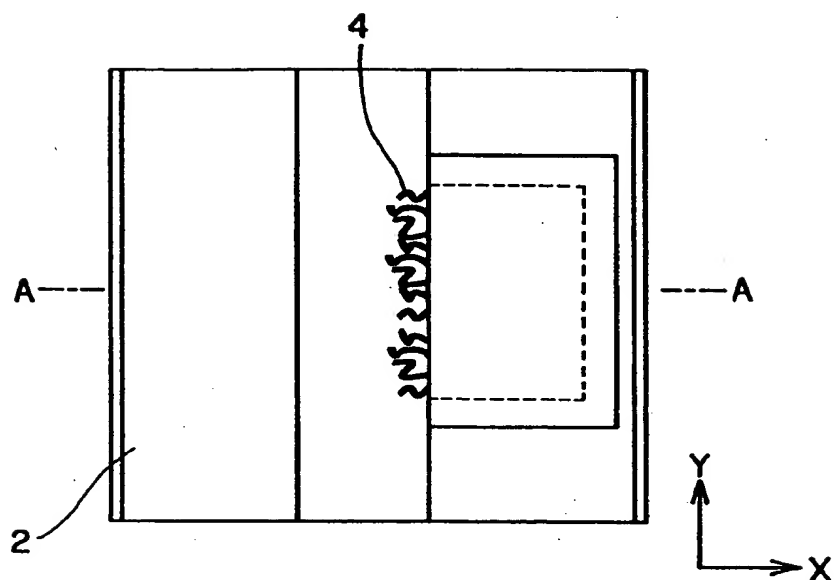


(A)

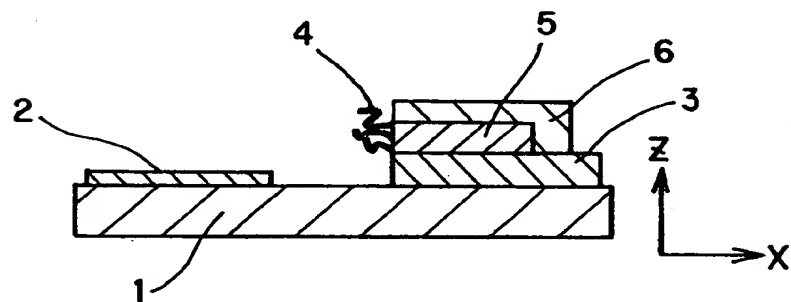


(B)

【図 2】

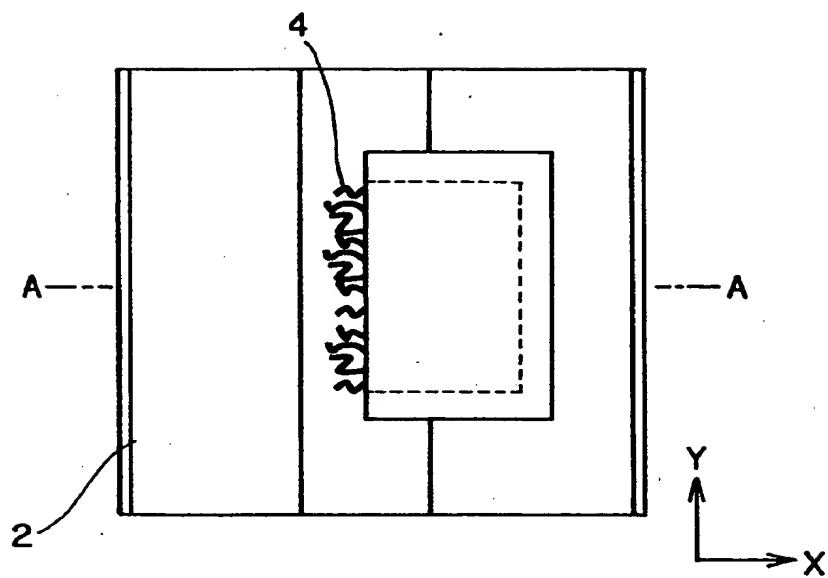


(A)

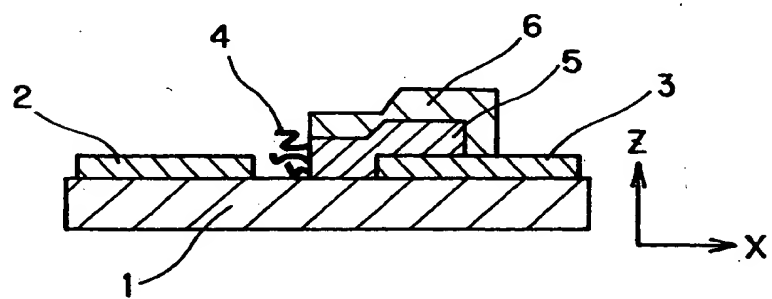


(B)

【図 3】

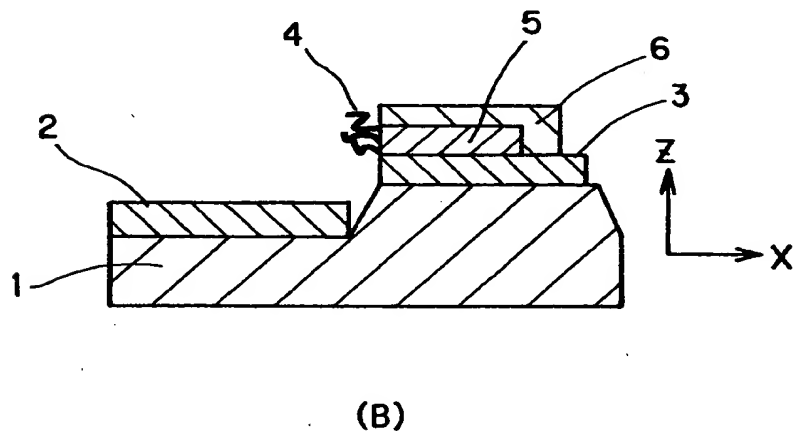
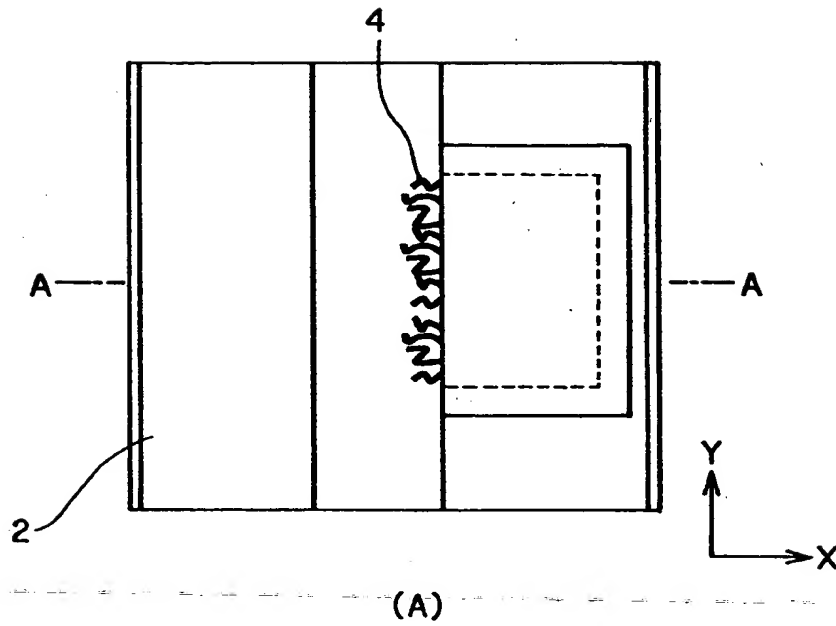


(A)

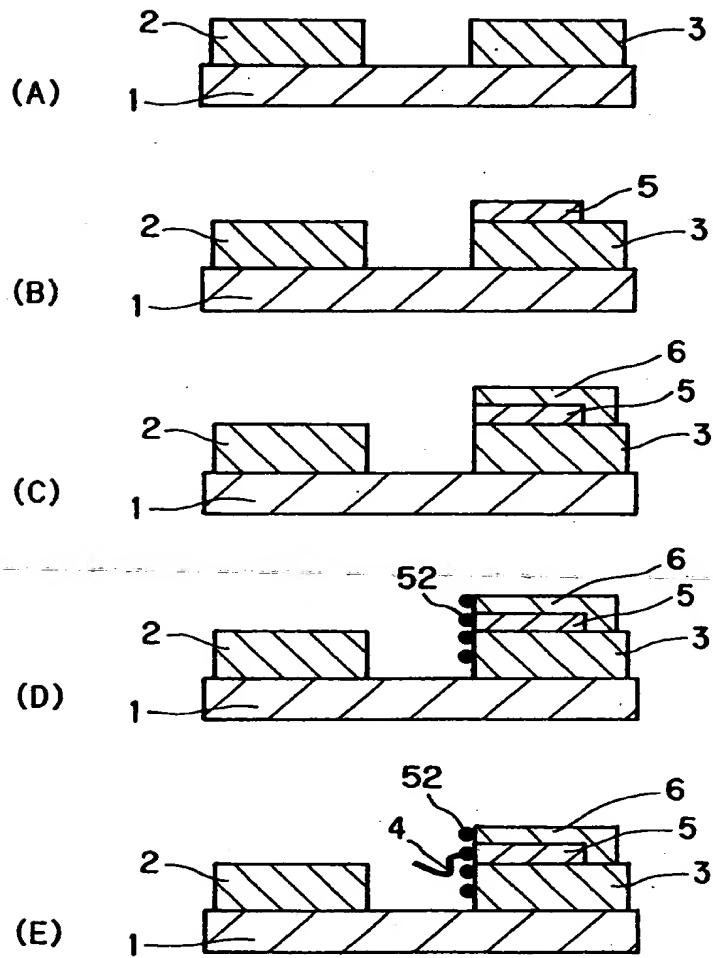


(B)

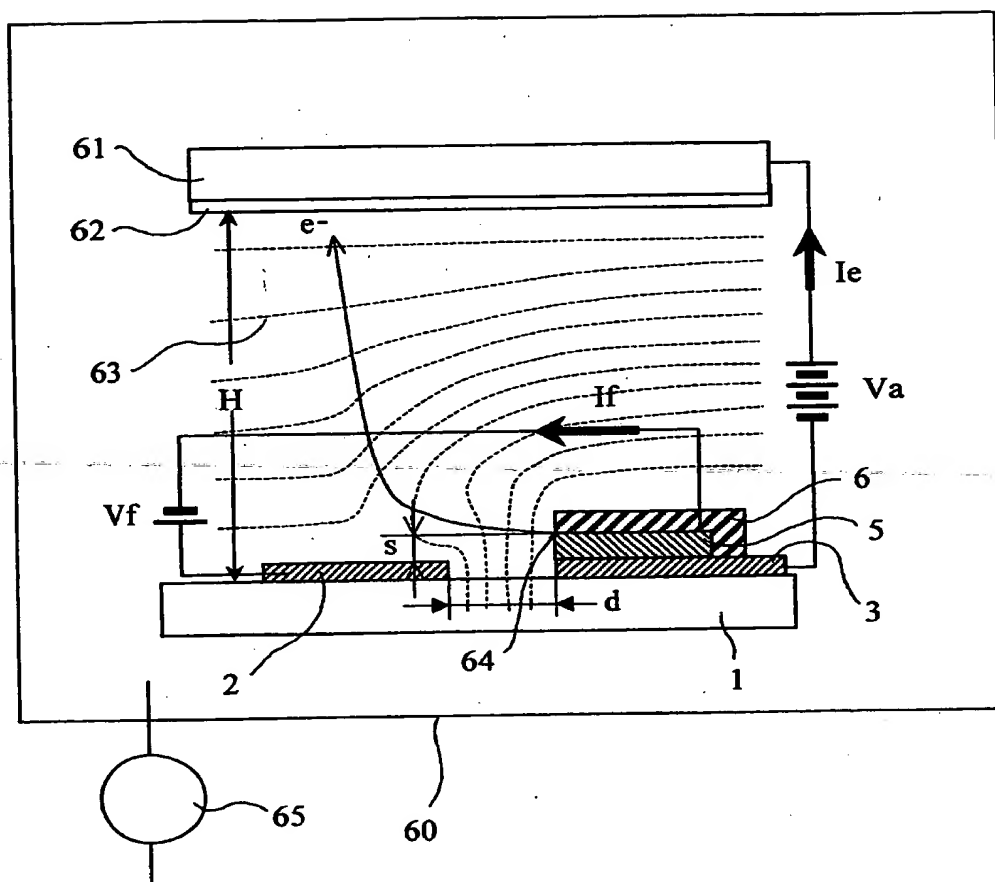
【図 4】



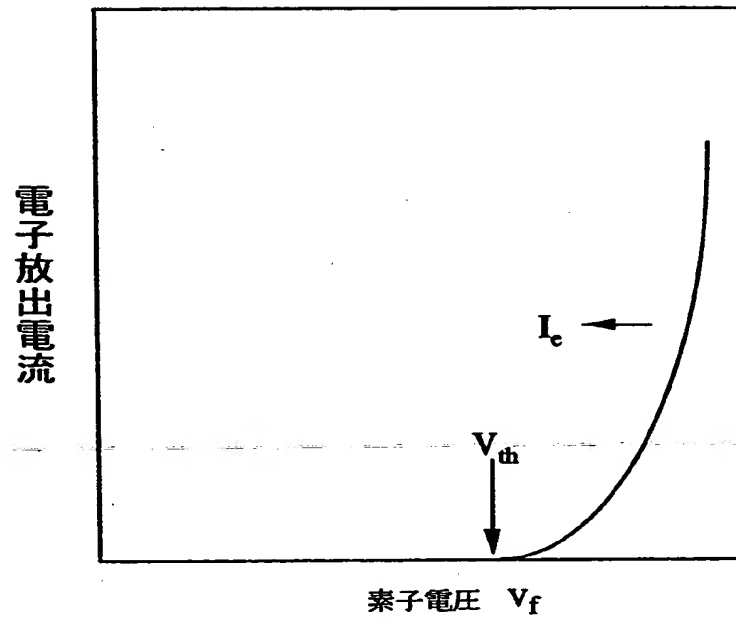
【図 5】



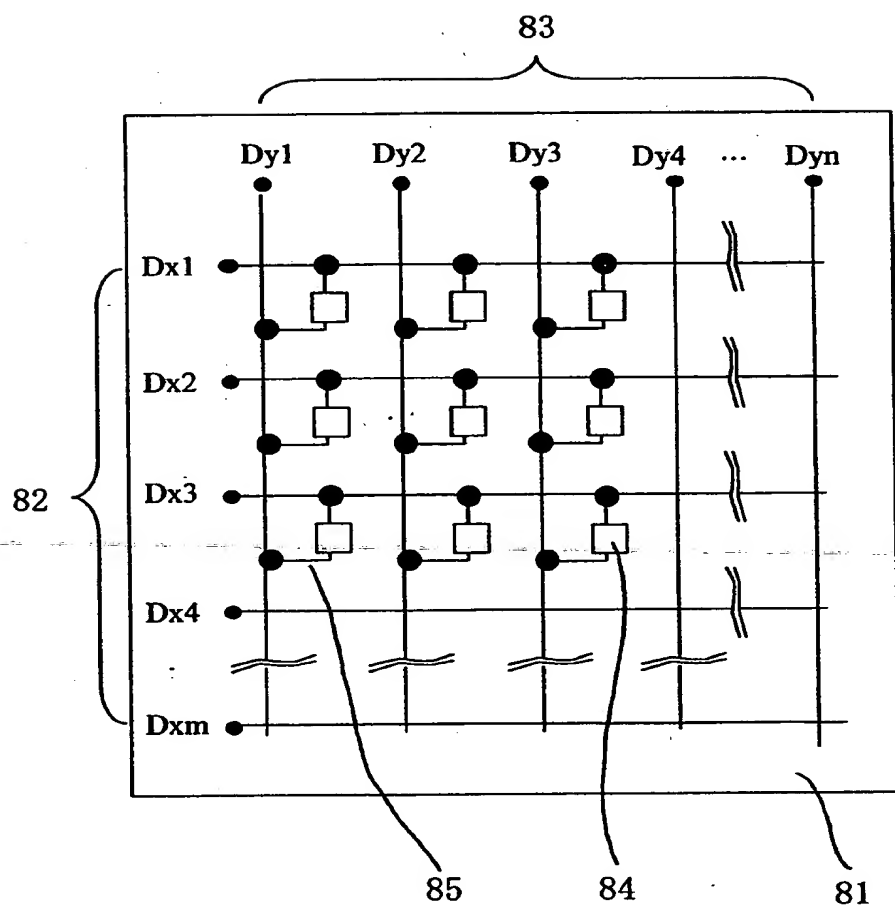
【図 6】



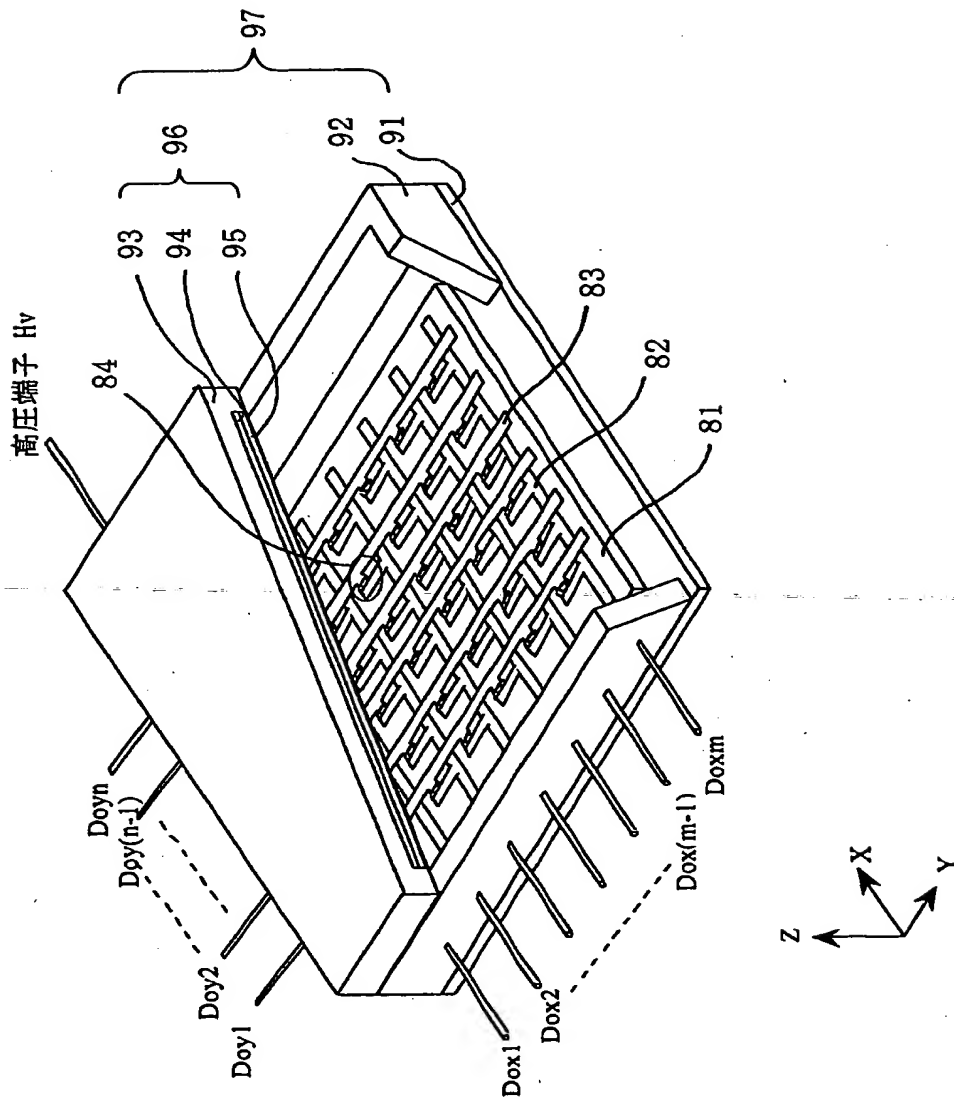
【図 7】



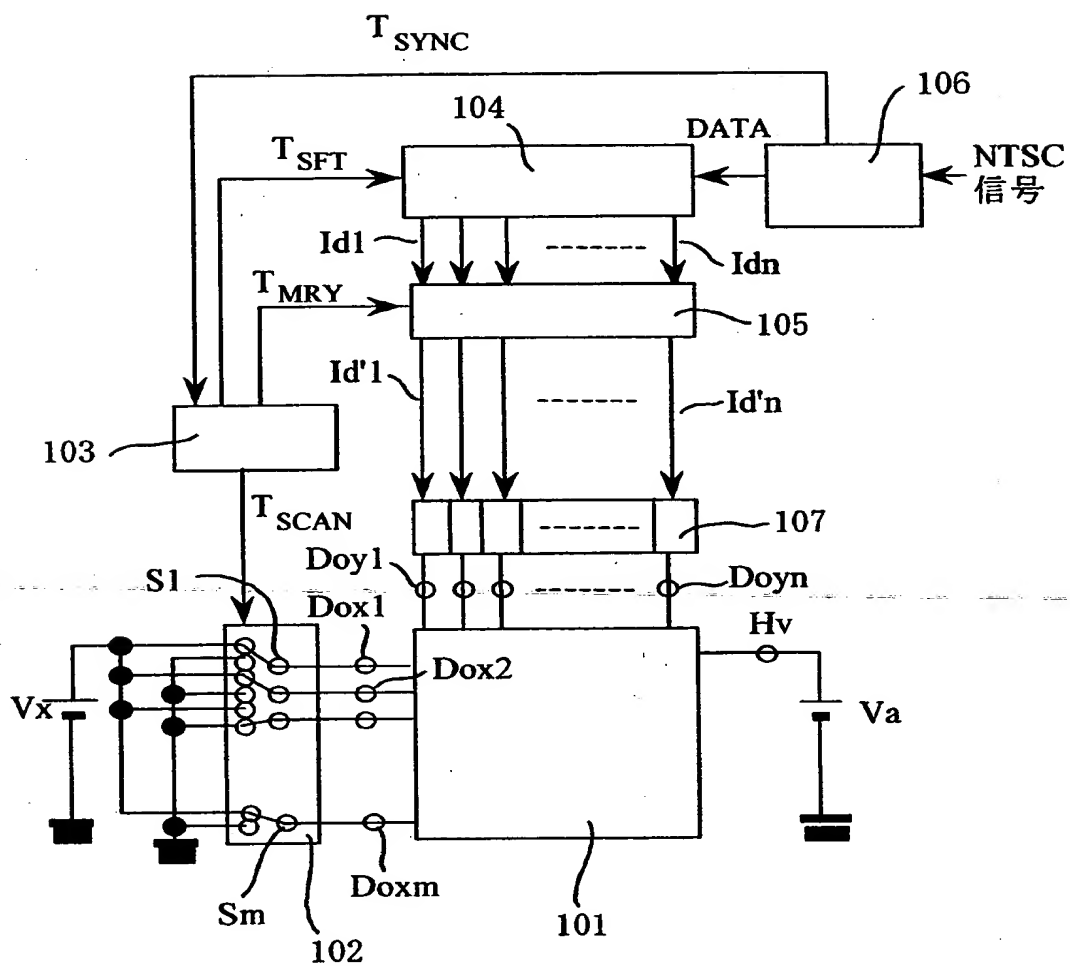
【図8】



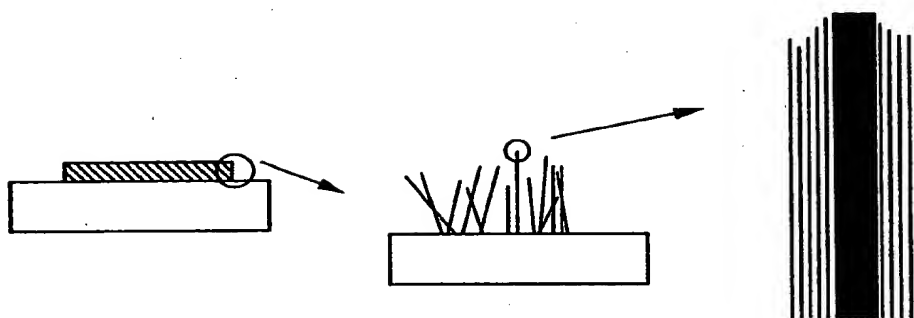
【図9】



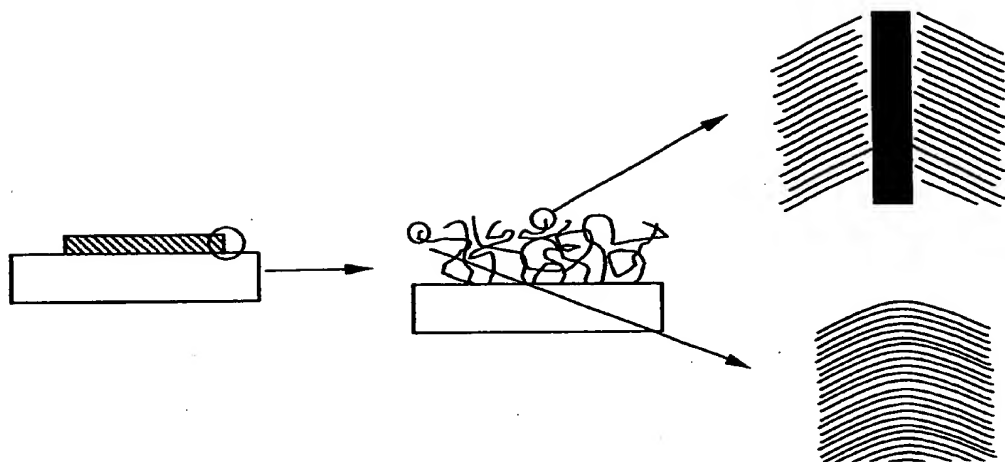
【図10】



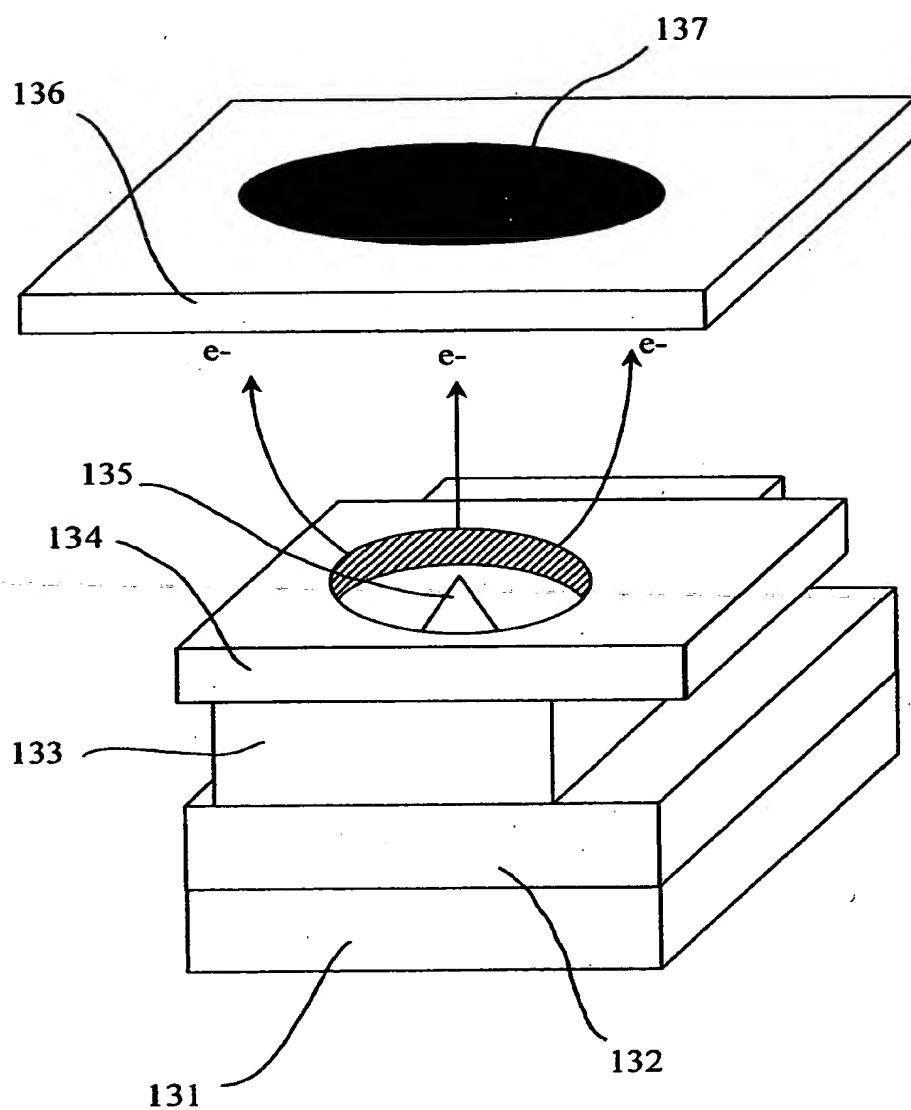
【図 11】



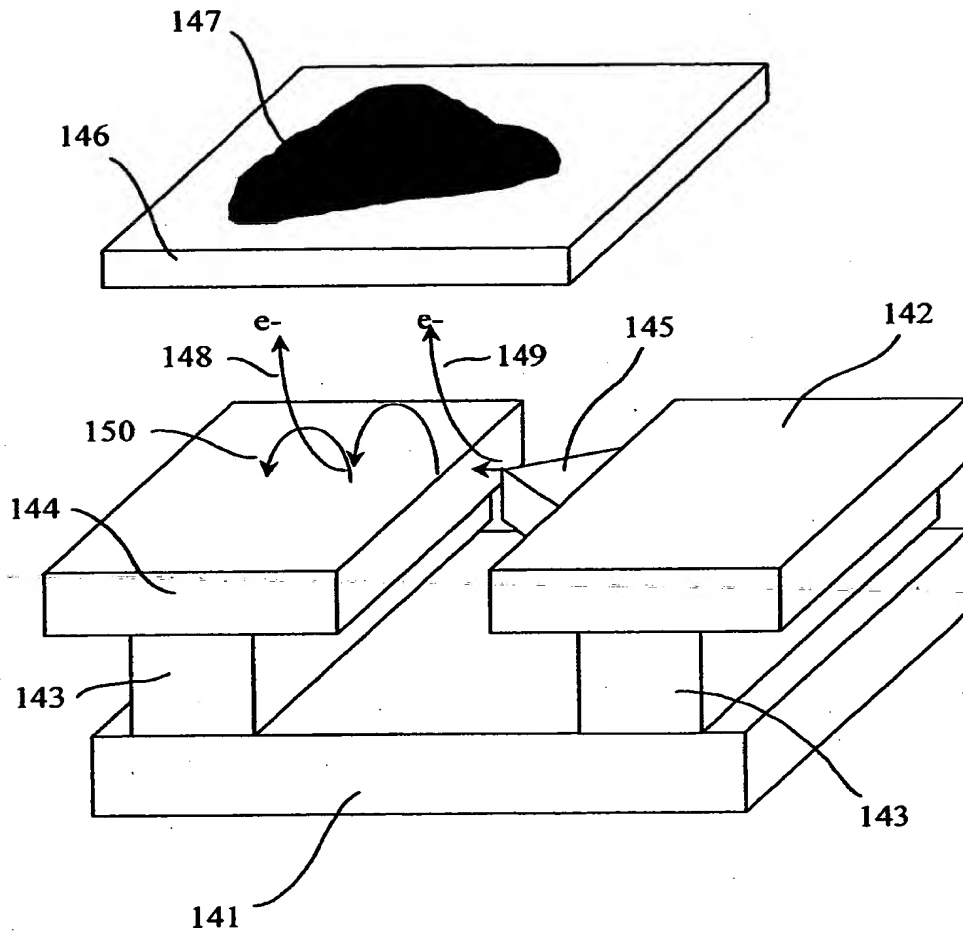
【図12】



【図 13】



【図 14】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 電子放出効率の向上と、放出する電子軌道の収束性の向上を図った電子放出素子及び電子源及び画像形成装置を提供する。

【解決手段】 触媒微粒子を介して繊維状カーボンが成長しない第2導電層6は、触媒微粒子を介して繊維状カーボンが成長する導電層5の引出し電極2側の側面を除いた領域を覆う構成として、その結果、繊維状カーボンが成長する導電層5においては、引出し電極2側の側壁のみが露呈するので、後の繊維状カーボン成長工程で引出し電極2側の側壁のみに触媒微粒子を介して繊維状カーボン4が成長する。

【選択図】 図1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000001007]

1. 変更年月日 1990年 8月30日
[変更理由] 新規登録
住 所 東京都大田区下丸子3丁目30番2号
氏 名 キヤノン株式会社